

MAGNETIC SENSOR

Patent Number: JP57173988
Publication date: 1982-10-26
Inventor(s): KANAI KENJI; others: 03
Applicant(s):: MATSUSHITA DENKI SANGYO KK
Requested Patent: JP57173988
Application Number: JP19810060183 19810420
Priority Number(s):
IPC Classification: H01L43/08 ; G01R33/06
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To provide fully stable temperature characteristic even when the range of operating temperature is wide, by using a magnetoresistance effect element with the difference of thermal expansion coefficient within 10^{-5} between a substrate material supporting it.

CONSTITUTION: For thermal expansion coefficient τ_1 , is set to the MR element (linear magnetoresistance effect element) and τ_2 to the substrate. When the Young's modulus of the MR element is E with the temperature difference T and the stress impressed on the MR element is σ , $\sigma = E(\tau_2 - \tau_1)T$ results. When this stress is impressed on an MR element which is actual with a magnetostriction constant $\lambda \neq 0$, this accompanies magnetic rotation corresponding to $\lambda\sigma$ to vary the electric resistance of the MR element as the MR effect does. When σ is the maximum stress under which magnetization can be varied perfectly to a saturation value, $(\sigma/\sigma_s) = (E/\sigma_s) \cdot (\tau_2 - \tau_1) \cdot T$ results. To restrict the measurement error within approx. 3% at the temperature difference 100 deg., the difference of the linear thermal expansion coefficient between the MR element and substrate must be within 10^{-5} .

Data supplied from the esp@cenet database - 12

⑬ 日本国特許庁 (JP)

⑭ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭57-173988

⑤ Int. Cl.³
H 01 L 43/08
G 01 R 33/06

識別記号

庁内整理番号
63J-5F
7706-2G

⑬ 公開 昭和57年(1982)10月26日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 4 頁)

④ 磁気センサ

① 特 願 昭56-60183

② 出 願 昭56(1981)4月20日

⑦ 発 明 者 金井謙二

門真市大字門真1006番地松下電
器産業株式会社内

⑧ 発 明 者 紙中伸征

門真市大字門真1006番地松下電
器産業株式会社内

⑦ 発 明 者 野村登

門真市大字門真1006番地松下電
器産業株式会社内

⑦ 発 明 者 広田栄一

門真市大字門真1006番地松下電
器産業株式会社内

① 出 願 人 松下電器産業株式会社

門真市大字門真1006番地

④ 代 理 人 弁理士 中尾敏男 外1名

明 細 書

1、発明の名称

磁気センサ

2、特許請求の範囲

(1) 強磁性体磁気抵抗効果素子および端子部を基板上に有し、前記磁気抵抗効果素子と前記基板材料間の熱膨張係数の差を 10^{-5} 以内としてなることを特徴とする磁気センサ。

(2) 端子部からのリード線を、該基板の表面を形成する各辺の少なくとも相向う2辺の両側より取出すことを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の磁気センサ。

(3) 基板の少なくとも一面に熱伝導の良好な物質が熱的に接続されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の磁気センサ。

(4) 少なくとも磁気抵抗効果素子の上に絶縁層が被着されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の磁気センサ。

(5) 磁気抵抗効果素子に流す電流密度をその最大許容電流密度の10分の1以下に選定することを

特徴とする特許請求の範囲第1項記載の磁気センサ。

3、発明の詳細な説明

本発明は広範囲な使用温度領域で、良好な温度特性をもつ磁気センサに関するものである。

従来、磁気センサとしては、ホール素子を中心とした半導体磁気センサが多く利用されて来た。しかし、一般に半導体は温度に対する特性変化が大きく、使用範囲が限定されている。一方、磁性体磁気センサは半導体に比べて温度係数が小さい。さらに、物理的、化学的に安定である。しかし、使用温度範囲が広い場合には充分安定な温度特性をもった磁気センサを実現することができなかった。

本発明は、磁気抵抗効果素子を使用し、それを保持する基板材料との熱膨張係数の差を 10^{-5} 以内とすることによって、上記の問題点を解決したものである。以下、その詳細を説明する。

温度特性の良好な磁気センサを金属強磁性体磁気抵抗効果素子で構成する場合を例にあげ、その

構成を説明する。

説明の簡単化のため、磁気抵抗効果(以下MRと略記する)素子を一軸異方性とし、MR素子の長手方向を配向方向およびMR電流Iの方向とする。MR素子の飽和磁界を H_D とする。バイアス磁界を与えて信号磁界に対して線形動作をさせるために、MR電流Iと磁化 M_s とのなす角 θ を 45° に設定する。 $H=0$ での比抵抗を ρ_0 としたとき、

号磁界H、温度 $T^\circ\text{C}$ における比抵抗 $\rho(H, T)$ は

$$\rho(H, T) = \rho_0(T) + \Delta\rho_{\max}(T) \cdot \left(\frac{1}{2} - \sqrt{2} \frac{H}{H_D}\right) \quad \dots\dots (1)$$

と表わすことができる。DC信号成分も必要な場合には、一つのMR素子のみでは(1)式の第1項の変化が問題となるため、たとえば、第1図に示すようなブリッジに構成される。ここで R_1, R_2 をMR素子、 R_3, R_4 を非感磁抵抗素子としてもよいし、 R_1 と R_3 を交換してもよい。

代表的な金属強磁性薄膜MR材料として、83

$\dots\dots (2)$

で与えられる。

(2)式において、 a_1, a_2 および a_3, a_4 の各温度係数の差が無視できるときは第2項のみ、すなわち、 $\frac{\partial}{\partial T}[\Delta\rho_{\max}(T)]$ の考慮のみでよいが、センサとしての動作温度範囲が大きく、各温度係数差が充分に小さくない場合には第1項の考慮が重要となる。たとえば、比抵抗変化比 $\Delta\rho_{\max}/\rho_0 \cong 2\%$ 、 100°C の温度差がある状態で、温度ドリフトを3%程度以内にするためには、 a の差は 10^{-5} 程度にする必要がある。この程度の差違は素子間のばらつきや系内の温度勾配が少しでもあると問題となってくる。

また、各辺の温度が同一でない場合には、同様に、大きな温度ドリフトの原因となる。

MR素子を薄膜化した磁気センサにおいては、その製法上の特徴として、同一基板上に複数個のセンサの配列、集積化が容易であり、かつ、各センサ間の配列位置精度をきわめて高くすることができ、多機能センサを実現できる。

Ni-Fe , Ni-Fe , Ni-Co などが挙げられる。これらの低温度から室温までの温度特性は第2図に示すようになる。この傾向から $\Delta\rho_{\max}(T)$ は素子の組成を適当なものに選定すればほぼ一定にする可能性はあるが、 $\rho_0(T)$ は大きく変化する。室温近くではほぼ直線状に変化する。このため室温近くでは比抵抗の温度係数を α と近似できる。第1図のブリッジ各辺1~4の温度係数を a_1, a_2, a_3, a_4 とし、 R_1, R_2 は信号磁界に対して差動的に変化する構成とする。この系を $T=0^\circ\text{C}$, $H=0$ のとき、各辺の抵抗値を $R_{10}, R_{20}, R_{30}, R_{40}$ とし、かつ、平衡状態になっているとする。電圧印加端子6, 6間に電圧 V_0 を与え、ブリッジ平衡検出端子7, 8間の検出電圧 V_d との比を検出感度 $D(H, T)$ とすると

$$D(H, T) = \left| \frac{R_{40}}{R_{30}} (a_4 - a_3) - \frac{R_{10}}{R_{20}} (a_1 - a_2) \right| T - \frac{2\sqrt{2}}{\rho_0(0)} \cdot \Delta\rho_{\max}(T) \cdot \frac{H}{H_D} \cdot \frac{R_{10}}{R_{20}}$$

具体的構成例として第3図に示すように基板9の表面にMR素子10, 11が被着形成され、端子12, 13, 14がMR素子10, 11から引出されている。これらの端子12, 13, 14は基板9の表面を形成する四辺形の向かい合う辺の両側、例えば辺15, 16の両側よりリード線17, 18, 19を取出す。

さらに、別な構成として第4図に示すように磁気センサ構成基板9の内の少なくとも一面、この例ではMR素子の被着形成されている表面の裏側に、Al, Cu, Siなどの熱伝導の良好な均熱物質20を蒸着、もしくは接着などの手段で熱的に接続させ、MR素子10, 11間の熱的勾配を少なくする構成にする。

また、磁気センサを広範囲な温度領域で使用する場合、電気的な抵抗変化を直接引起すだけでなく、熱膨張差でも抵抗変化を来たす。線膨張係数として、MR素子に対して r_1 、基板に対して r_2 とする。MR素子のヤング率を E 、温度差を T 、MR素子に印加されるストレスを σ とすると

$$\sigma = E(r_2 - r_1)T \quad \dots\dots\dots (3)$$

と与えられる。このストレスが磁歪定数 λ が零でない現実のMR素子に印加されると、 $\lambda\sigma$ に対応する磁化回転を伴い、これがMR効果と同様にMR素子の電気抵抗を変化させる。 σ_0 で磁化が完全に飽和値まで変化できる最大ストレスとすると、

$$(\sigma/\sigma_0) = (E/\sigma_0) \cdot (a_2 - a_1) \cdot T \quad \dots\dots (4)$$

と与えられる。たとえば、温度差 100° で測定誤差を3%程度以内に規制するためには、先ず挙げたMR素子と基板材料間の線膨張係数差を 10^{-5} 以内にすることが必要である。

また、高温用磁気センサとしてMR素子をより化学的に安定化させるために少なくともMR素子部に SiO , SiO_2 , Al_2O_3 , Si_3N_4 , 高分子有機物質などの絶縁層を蒸着、コーティングなどの手段で被着する。

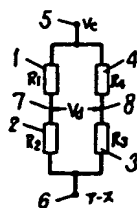
また、磁気センサを高感度化するために、MR素子の電流密度 J を大きくした場合、MR素子での発熱放散のわずかな差でも検出電圧の零ドリフトは第5図に示すように大きくなる。ここで

J_{\max} はMR素子に流し得る最大許容電流密度を示している。この図から明らかなように、 J/J_{\max} を10分の1以下に設定すればドリフト量を十分に小さくすることができることがわかった。

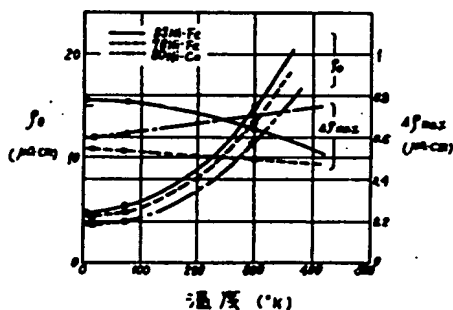
MR特性の高温側での特性変化は第6図に示すように単純で小さい変化である。たとえば、 63Ni-Fe でも温度変化の補償がやりやすく、第1図のブリッジ構成で、たとえば、非感磁素子 R_3 または R_4 に温度補償抵抗体を挿入すれば熱的に安定な磁気センサを実現できる。この抵抗体はMR素子辺に直列または並列に挿入してもよい。

強磁性体磁気抵抗効果型薄膜磁気センサは、原理的にはそのキュリー温度 (800°C 前後) までは動作可能である。本発明に示した構成により、温度差の大きい使用状態においても安定な磁気センサを実現でき、さらに薄膜化した本発明の構成により、被検出磁界発生源である磁荷間距離が μm オーダの高密度情報をも検出できる磁気センサを実現できる効果などを有している。

第 1 図



第 2 図



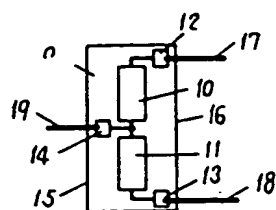
4. 図面の簡単な説明

第1図は磁気センサのブリッジ回路の一例を示す図、第2図は代表的なMR素子の温度特性を示す図、第3図は本発明にかかる薄膜磁気センサの一実施例の平面図、第4図はその他の実施例の斜視図、第5図はMR素子への電流密度と零ドリフトとの関係を示す図、第6図はMR効果の高温特性例を示す図である。

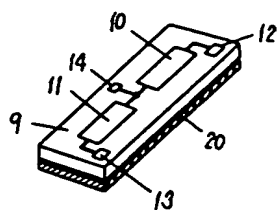
1, 2, 10, 11 MR素子、3, 4 非感磁素子、5, 6 電圧供給端子、7, 8 平衡検出端子、9 基板、12, 13, 14 端子部、15, 16 基板辺、17, 18, 19 リード線、20 均熱物質。

代理人の氏名 弁理士 中 尾 敏 男 ほか1名

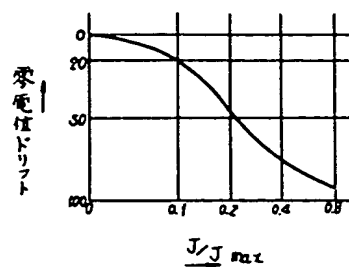
第 3 図



第 4 図



第 5 図



第 6 図

